

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 15 日 (15.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/031443 A1

- (51) 国際特許分類: C23C 16/509, H01L 21/205, 31/04  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012722  
(22) 国際出願日: 2003 年 10 月 3 日 (03.10.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-292948 2002 年 10 月 4 日 (04.10.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 石川  
島播磨重工業株式会社 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA  
HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-8182  
東京都千代田区大手町2丁目2番1号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者: および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上田 仁

(UEDA, Masashi) [JP/JP]; 〒235-0022 神奈川県 横  
浜市 磯子区 汐見台 1 丁目 6-1605-411  
Kanagawa (JP). 高木 朋子 (TAKAGI, Tomoko) [JP/JP];  
〒232-0053 神奈川県 横浜市 南区 井土ヶ谷 下町  
215-1-1-1306 Kanagawa (JP). 伊藤 憲和  
(ITO, Norikazu) [JP/JP]; 〒235-0022 神奈川県 横浜市  
磯子区 汐見台 1 丁目 6-1605-507 Kanagawa  
(JP).

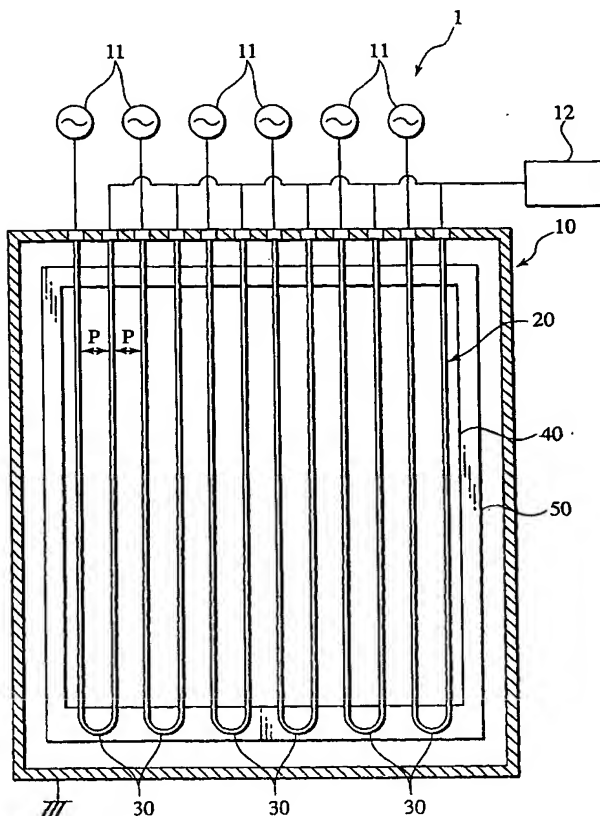
(74) 代理人: 三好 秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒105-0001  
東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階  
Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR FORMING THIN FILM AND APPARATUS THEREFOR

(54) 発明の名称: 薄膜形成方法およびその装置



(57) Abstract: A plurality of antenna elements, each of which has first and second linear conductors whose first ends are electrically interconnected are prepared. The antenna elements are arranged in plane in such a way that the first and second linear conductors are alternated and separated from one another at regular intervals, thereby forming one or more array antennas which are placed in a chamber. The second ends of the first linear conductors are connected to a high-frequency power supply, and the second ends of the second linear conductors are connected to ground. A plurality of substrates are parallel placed on both sides of the array antennas at distances approximate to the distances between the linear conductors. A film is formed by introducing a material gas into the chamber.

(57) 要約: 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成する。前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成する。前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地する。前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置する。前記チャンバー内に原料ガスを導入し、成膜を行う。



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

### 薄膜形成方法およびその装置

5

#### 技術分野

本発明は、太陽電池およびこれを量産するのに好適な薄膜形成方法およびその装置に関する。

#### 背景技術

10 太陽電池はクリーンなエネルギー源としておおいに期待されているが、広範な普及を図るためには、さらなるコストダウンが必要である。そのため、高品質で均一な膜厚のアモルファスシリコン（以下、 $a-Si$ と記す）薄膜を、より大型の基板上に形成できる薄膜形成装置が望まれている。

15 また、前記  $a-Si$  薄膜と微結晶シリコン（以下、 $\mu c-Si$ と記す）薄膜とを積層したタンデム構造の薄膜は、前記  $a-Si$  単独の薄膜よりも、高い電力変換効率が得られる。それゆえ、前記  $\mu c-Si$  薄膜の形成ができる薄膜形成装置もまた望まれている。

薄膜形成装置の技術として、日本国特許公開昭59-01463  
20 3は、容量結合型の平行平板型プラズマCVD装置の技術を開示している。

#### 発明の開示

一般に、平行平板型プラズマCVD装置は、高周波電源に接続さ  
25 れた電極板と接地された電極板とを対向させて配置して対となし、前記一対の電極板の間の空間を放電領域として、前記接地電極板上に設置された基板の表面に薄膜を形成させるものである。前記平行平板型プラズマCVD装置においては、前記一対の電極板上に、1枚の基板か、あるいは小さく分割された複数枚の基板を、前記一対

の電極板のいずれかに設置することしかできない。これは、前記高周波電源に接続された電極板上と、前記設置電極板上では、プラズマから受ける作用が異なるためである。したがって、同時に多数の基板に薄膜を形成させようとする、前記プラズマCVD装置のチャンパーは複数対の電極板をあらかじめ備えていなければならない。前記チャンパーは広い内部空間を必要とする。また電極を3対以上設置しようとする、保守が困難となる。したがって現実的には、多くとも2対の電極板を備えたチャンパーを有する装置を用いて、一度に多くとも2枚の基板を処理するのが適当である。

10 また平行平板型プラズマCVD装置は、原理的な制約のために、各電極板は少なくとも基板よりも大きくなければならない。そのため、より大面積の基板に成膜しようとする、より大型の電極板が必要になるが、大きな電極板の間に均一なプラズマを発生させることは困難である。そのような問題から、大型の基板に均一な膜厚と

15 性状で成膜することはきわめて困難である。

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、限られた空間中に多数のプラズマ源を並べることができ、さらに各放電領域に均一なプラズマを発生せしめ、もって大型基板に高品質で均一な成膜をなしうる薄膜形成方法およびその装置を提供

20 することにある。

本発明の第一の局面によれば、薄膜形成方法は、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶ

25 ように平面に並べて、チャンパー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置し、前記各基板上に成膜

を行うことよりなる。望ましくは、前記チャンバー内の圧力を 60 Pa 以下に保持する。

本発明の第二の局面によれば、薄膜形成方法は、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、前記複数のアンテナ素子を、その  
5 第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接  
10 地し、前記チャンバー内の圧力を 60 Pa 以下に保持し、各基板上に成膜を行うことよりなる。

前記薄膜形成方法は、望ましくは、さらに前記基板を、前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させる。

本発明の第三の局面によれば、薄膜形成装置は、原料ガスの導入口および排気口を備えたチャンバーと、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を備え、前記第一の直線状導体と前記第二の直線状導体とが交互であって等間隔に並ぶように平面に並べられ、前記各第一  
15 の直線状導体の第二の端は高周波電源に接続され、前記各第二の直線状導体の第二の端は接地された、前記チャンバー内に設置されたひとつ以上のアレイアンテナと、前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置されるべく構成された基板ホルダと、を備える。

前記薄膜形成装置は、望ましくはさらに、前記第一の直線状導体の周囲をそれぞれ覆う誘電体を備える。

本発明の第四の局面によれば、太陽電池の製造方法は、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、前記複数のアンテナ素子を、

その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置し、前記各基板上に成膜を行うことよりなる。望ましくは、前記チャンバー内の圧力を60Pa以下に保持する。

本発明の第五の局面によれば、太陽電池の製造方法は、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、前記チャンバー内の圧力を60Pa以下に保持し、各基板上に成膜を行うことよりなる。

前記太陽電池の製造方法は、望ましくは、さらに前記基板を、前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させる。

本発明の第六の局面によれば、太陽電池の製造装置は、原料ガスの導入口および排気口を備えたチャンバーと、第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を備え、前記第一の直線状導体と前記第二の直線状導体とが交互であって等間隔に並ぶように平面に並べられ、前記各第一の直線状導体の第二の端は高周波電源に接続され、前記各第二の直線状導体の第二の端は接地された、前記チャンバー内に設置されたひとつ以上のアレイアンテナと、前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基

板を設置されるべく構成された基板ホルダと、を備える。

前記太陽電池の製造装置は、望ましくはさらに、前記第一の直線状導体の周囲をそれぞれ覆う誘電体を備える。

- 本発明の第七の局面によれば、太陽電池は、第一の直線状導体と
- 5 第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、前記各第一の直線状導体の第二の端を
- 10 高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、前記チャンバー内の圧力を  $6.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下に保持し、基板の表面に成膜された薄膜、を備える。望ましくは、前記薄膜は、前記チャンバー内の圧力を  $6.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下に保持して成膜される。

- 前記薄膜は、望ましくはさらに、前記基板を前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させて、成膜される。
- 15

### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明のひとつの実施形態による薄膜形成装置の模式的正面図である。
- 20

図 2 は、前記実施形態による前記薄膜形成装置の側面図である。

図 3 は、前記実施形態によるアンテナ素子の断面図である。

図 4 A は、薄膜形成の状況を表わす模式図であって、均一な薄膜が形成される場合である。

- 25 図 4 B は、薄膜形成の状況を表わす模式図であって、不均一な薄膜が形成される場合である。

図 4 C は、薄膜形成の状況を表わす模式図であって、基板のストローク  $S$  と導体間のピッチ  $P$  との関係を表わす。

図 5 A は、アンテナ素子と基板との距離と膜質との関係を調べた

実験結果を示すグラフである。

図 5 B は、前記アンテナ素子と前記基板との距離と薄膜の成長速度との関係を示すグラフである。

図 5 C は、チャンパー内の圧力と膜質および成長速度との関係を  
5 調べた実験結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

本発明のひとつの実施形態による薄膜形成装置を、図 1 および図 2 を参照して以下に説明する。薄膜形成装置 1 は、アンテナ式の誘導結合型プラズマ C V D 装置であり、しかも、例えば電力用太陽電池を製造するのに適した大型（大面積）の基板に成膜可能な比較的大型のもので、成膜室 10 と、前記成膜室 10 内に設置されたアレイアンテナ 20 と、成膜用の基板 40 を保持する基板ホルダ 50 とを備えている。

15 前記成膜室 10 は、例えば 1 m 角を超える大型の基板 40 に成膜するために必要な高さ（幅）とを有するとともに、このような基板を一度に複数枚（図示の例では 6 枚）同時に成膜できるように、必要な奥行きを有する空間サイズに構成されている。

前記成膜室 10 内には、複数組のアレイアンテナ 20（図示の例  
20 では 3 組のアレイアンテナ 20 a、20 b、20 c）が設置され、各アレイアンテナ 20 は、複数個（図示の例では 6 個）のアンテナ素子 30 で構成される。

図 3 に示すように、各アンテナ素子 30 は、平行な 2 本の直線状導体 31、35 の隣接する一端（例えば下端）どうしを結合部材 3  
25 8 によって電氣的に結合することで、ほぼ U 字形をなす往復平行線路状に形成されたものである。前記一方の直線状導体 31 の他端（すなわち上端）は高周波電源に接続するための高周波電力供給部であり、他方の直線状導体 35 の他端（すなわち上端）は接地するための接地部である。



直線状導体 3 1 には、中実のロッドが用いられ、前記高周波電力供給部は例えば成膜室 1 0 の壁面が備える  $Al_2O_3$  等の誘電体製のフィードスルー 3 2 を貫通し、成膜室 1 0 の外側に設置された高周波電源 1 1 に接続される。また、成膜室 1 0 内における直線状導体 3 1 の周囲には、例えば  $Al_2O_3$  等の筒状の誘電体パイプ 3 3 が設けられ、前記誘電体パイプ 3 3 の肉厚は、必要に応じて適宜設定されるものである。

直線状導体 3 5 には、周面に多数の孔 3 6 があいた中空のパイプが用いられ、その上端は前記成膜室 1 0 の枠体を介して接地されるとともに、前記成膜室 1 0 の外側に設置された原料ガス供給源 1 2 に連結される。そのため、前記各アンテナ素子 3 0 の中空パイプ状の直線状導体 3 5 の前記接地部が、前記成膜室 1 0 の原料ガス導入口として機能する。

前記複数（図示の例では 6 個）のアンテナ素子 3 0 を、各高周波電力供給部と各接地部とが交互に、すなわち、直線状導体 3 1 と直線状導体 3 5 を交互に並べる。すべての直線状導体 3 1、3 5 は、同一平面（以下、アレイ平面と記す）上に等間隔で配置される。このようにして、それぞれのアレイアンテナ 2 0 が構成される。前記複数のアレイアンテナ 2 0（図示の例では 3 組のアレイアンテナ 2 0 a、2 0 b、2 0 c）は、互いに所定の間隔を隔てて平行になるようにして、前記成膜室 1 0 内に設置されている。そのため、前記各アレイ平面は、前記成膜室 1 0 内で互いに所定の間隔を隔てて平行に位置している。

前記基板ホルダ 5 0 は、前記アレイアンテナ 2 0 の両側で成膜される 2 枚の前記基板 4 0 を保持して、この両前記基板 4 0 を前記アレイアンテナ 2 0 の前記アレイ平面に平行に、かつ、前記アレイアンテナ 2 0 との距離 D（図 2 参照）を、前記直線状導体 3 1、3 5 どちらのピッチ P（図 1 参照：例えば約 3 5 mm）と同程度（具体的には後述する）に位置決めするものである。図示の例では 3 組の

前記アレイアンテナ 20 a、20 b、20 c が設置してあるため、前記基板ホルダ 50 は、前記各アレイアンテナ 20 ごとにその両側に 1 枚ずつ、全体で合計 6 枚の前記基板 40 を保持する。すべての前記基板 40 は、対応する前記アレイアンテナ 20 の前記アレイ平面に平行に、かつ、前記アンテナ基板間距離 D を前記直線状導体 31、35 どちらの前記ピッチ P（約 35 mm）と同程度に位置決めされる。

このような前記基板ホルダ 50 は、すべての前記基板 40 を保持したまま前記成膜室 10 に搬入・搬出するため、適宜の搬送体（図示されていない）に支持されて前記成膜室 10 に搬入・搬出可能に構成されている。そのため、図 1 には示していないが、前記成膜室 10 の左右の側板は開閉可能に構成されていて、左右いずれか一方（例えば左）の側板を開放して前記基板ホルダ 50 を搬入する一方、他方（例えば右）の側板を開放して前記基板ホルダ 50 を搬出するようになっている。また、図示していないが、前記成膜室 10 の例えば下部には、排気のための排気口が設けられている。

また、前記成膜室 10 は、成膜中に前記各基板 40 の温度が上昇するのを抑制するための制熱装置 13 を備えている。前記制熱装置 13 は、例えば、前記各基板 40 から輻射または熱伝導によって熱を吸収する適宜の吸熱体と、前記吸熱体が吸収した前記熱を前記成膜室 10 の前記側壁等へ輻射または熱伝導によって逃がす機構とで構成する。前記制熱装置 13 は、また、流体を媒体とする冷却機能を有する吸熱体のみによって構成することもでき、さらには、吸熱体なしで、前記成膜室 10 内の熱を強制的に外へ逃がす廃熱機構だけで構成することもできる。

上記のように構成された前記薄膜形成装置 1 を使用するときには、前記成膜室 10 内の圧力を 60 Pa 以下に保って成膜プロセスを実行する。

すなわち、まず、前記成膜室 10 において、前記基板ホルダ 5

0によって、すべて（6枚）の前記基板40を対応する前記アレイアンテナ20（20a、20b、20c）の前記アレイ平面に平行に、かつ、前記アンテナ基板間距離Dを前記直線状導体31、35どうしの前記ピッチP（約35mm）と同程度（ $D \approx P$ ）に位置決めする。

つぎに、前記成膜室10の外側に設置された前記原料ガス供給源12から前記アレイアンテナ20（20a、20b、20c）の前記各アンテナ素子30のすべての前記直線状導体35内に前記原料ガスを供給する。前記原料ガスは、すべての前記直線状導体35の  
10 前記孔36から放出されて前記成膜室10内を満たし、前記成膜室10内の圧力を60Pa以下の適正圧力にする。

そして、前記成膜室10内の60Pa以下の適正圧力に保ちながら、前記成膜室10の外側に設置された前記高周波電源11から前記アレイアンテナ20（20a、20b、20c）の前記各アンテナ素子30のすべての前記直線状導体31に高周波電力（例えば8  
15 5MHzのVHF電力）を供給し、すべての前記直線状導体31およびこれと前記結合部材38によって電氣的に結合されたすべての前記直線状導体35の周囲にプラズマを発生させることにより、成膜プロセスが実行される。

20 前記成膜プロセスを実行することで、図4Aに部分的に示されるように、すべて（6枚）の前記基板40の表面には目的の薄膜が成長する。前記薄膜は、微結晶、ないしアモルファスの形態により得られる。

SiH<sub>4</sub>ガスを原料ガスとして、前記成膜プロセスを実際に行な  
25 ってみたところ、前記成膜室10内のすべて（6枚）の前記基板40に微結晶シリコン（ $\mu c-Si$ ）の薄膜が成長し、前記薄膜は、前記基板40の表面全体に亘って、良好な膜質であることが確認された。なお、微結晶シリコンの成膜では、単位面積あたり1kWを超える高周波電力を投入することが要求されるため、成膜中に高密

度プラズマに曝されることで、前記各基板 40 の温度が上昇するという現象が発生する。しかし、前記成膜室 10 は前記制熱装置 13 を備えているため、前記制熱装置 13 の効果によって、前記膜特性が前記成膜中の前記各基板 40 の温度上昇によって劣化していないことが確認された。

また、前記成膜プロセスにおいて、前記アンテナ基板間距離 D をいろいろ変更して実験したところ、図 5 A および 5 B に示すような結果が得られた。

すなわち、図 5 A に示すように、前記アンテナ基板間距離 D が、  
10 前記直線状導体 31、35 どちらの前記ピッチ P とほぼ同一の約 3.5 mm であるとき、アモルファスシリコン (a-Si) に対する微結晶シリコン ( $\mu$ c-Si) の割合が最も大きく、そのため結晶性がよく、すぐれた膜質が得られることがわかる。前記アンテナ基板間距離 D がこれより大きくても、約 4.7 mm 程度までなら、かなり  
15 良好な膜質が得られることがわかる。また、図 5 A には、前記アンテナ基板間距離 D が 3.5 mm よりも小さい場合の結果が示されていないが、約 1.7 mm 程度までなら、かなり良好な膜質が得られることが確認された。以上の実験結果から、前記アンテナ基板間距離 D は、前記直線状導体 31、35 どちらの前記ピッチ P とほぼ同一の  
20 約 3.5 mm が最適であり、これを中心として  $\pm 50\%$  程度 (約 1.7 mm ~ 約 4.7 mm) が、膜質からみた前記アンテナ基板間距離 D の許容範囲であることがわかった。これは、前記アンテナ基板間距離 D が前記許容範囲内にあれば、電磁界が効率よく電離作用を引き起こしていることを裏付けるものである。

25 また、図 4 B は、前記アンテナ基板間距離 D が、最適値 (約 3.5 mm) からの許容範囲下限に近い約 1.7 mm のときの成膜実験の結果を示している。このとき成膜される膜厚は、前記アレイアンテナ 20 の前記直線状導体 31、35 に対応する位置ではより厚く形成されるが、前記直線状導体 31、35 から離れるにつれて薄くなり、

その結果、一定の間隔を保って配置された前記直線状導体 3 1、3 5 に対応して、前記各基板 4 0 には前記膜厚の厚い部分と薄い部分とが交互になった縞模様が形成される。

そこで、成膜中に前記基板 4 0 を、前記アレイ平面に平行であつて前記直線状導体 3 1、3 5 と直交する方向に、所定ストロークだけ繰り返し往復動させることで、前記縞模様の形成を回避することができる。往復動ストローク  $S$  は、図 4 C に示すように、前記直線状導体 3 1、3 5 どちらの前記ピッチ  $P$  (約 3.5 mm) の 2 倍程度 ( $S \approx 2P$ ) の長さ、すなわち、前記アレイアンテナ 2 0 の隣り合う前記アンテナ素子 3 0 間のピッチ (7.0 mm) に相当する長さとしてすることが好ましい。これは、例えば、前記基板 4 0 上の前記直線状導体 3 1 に対応する位置と前記直線状導体 3 5 に対応する位置とで、厳密には成膜状態が異なっている、ひとつの直線状導体 3 1 からそれと隣り合う直線状導体 3 1 まで、またはひとつの直線状導体 3 5 からそれと隣り合う直線状導体 3 5 まで、成膜状態が同一と考えられる 2 点間を往復動させることで、前記各基板 4 0 の表面には縞模様のない均一な微結晶薄膜が形成されると期待されるからである。

実験したところ、成膜中に前記基板 4 0 を、アレイアンテナ 2 0 の隣り合うアンテナ素子 3 0 間のピッチ (7.0 mm) に相当するストロークだけ繰り返し往復動させることによって、前記各基板 4 0 の表面には縞模様のない均一な微結晶薄膜が形成されることが確認された。

したがって、前記アンテナ基板間距離  $D$  を、前記直線状導体 3 1、3 5 どちらの前記ピッチ  $P$  (約 3.5 mm) とほぼ同一の最適値を中心とする  $\pm 50\%$  程度の許容範囲内で、最適値付近に設定すれば、成膜中に前記基板 4 0 を往復動させることなく、良好な膜質の微結晶薄膜が均一の膜厚で形成されることが確認された。また、最適値から離れても許容範囲内に設定すれば、成膜中に基板 4 0 を所定ス

トロークだけ繰り返し往復動させることで、縞模様のない良好な膜質の微結晶薄膜が均一の膜厚で形成されることが確認された。

また、成膜速度については、図 5 B に示すように、前記アンテナ基板間距離  $D$  が約 40 mm のときに最大値となり、前記アンテナ基板間距離  $D$  がこれより大きくても小さくても、前記成膜速度は低下する。

前記膜質については、図 5 A に示すように、前記アンテナ基板間距離  $D$  が前記直線状導体 31、35 どうしの前記ピッチ  $P$  とほぼ同一の約 35 mm であるとき最適値となるのに対し、前記成膜速度については、図 5 B に示すように、前記アンテナ基板間距離  $D$  が膜質最適値の距離約 35 mm より遠い約 40 mm のときに最大値となる。この原因の 1 つは、前記基板 40 を前記アレイアンテナ 20 に近づけすぎると、前記アレイアンテナ 20 の前記直線状導体 31、35 の周囲に発生する電磁界が前記基板 40 を通り抜けたり漏れたりするからだと考えられる。

そこで、前記アンテナ基板間距離  $D$  をその許容範囲内で最適値(約 35 mm) より狭く設定する場合は、前記基板 40 の裏面に金属製の裏板を設けることが好ましい。金属製の前記裏板によって前記電磁界を反射させ、VHF 電力を効率的に前記プラズマに吸収させることができるからである。

また、前記成膜プロセスにおいて、前記成膜室 10 内の圧力をいろいろ変更して実験したところ、図 5 C に示すような結果が得られた。

すなわち、図 5 C に示すように、前記成膜室 10 内の圧力が約 20 Pa 以下になると急に、a-Si に対する  $\mu$ c-Si の割合が大きくなり、そのため結晶性がよく、すぐれた膜質が得られる。また、成膜速度も、前記成膜室 10 内の圧力が低い方が幾分早くなることがわかる。図 5 C には明示されていないが、前記成膜室 10 内の圧力が 60 Pa を超えて高くなると、前記各基板 40 には、前記アレ

イアンテナ 20 の前記直線状導体 31、35 に対応する位置で厚く、前記直線状導体 31、35 から離れるにつれて薄く、一定の間隔を保って配置された前記直線状導体 31、35 に対応して膜厚が厚い部分と薄い部分とが交互になった縞模様が形成される。そして、前記成膜室 10 内の原料ガス圧力が 60 Pa 以下であれば、このような縞模様が実質的に形成されず、実質的に良好な膜質が得られ、また、実用的な成膜速度が得られることを確認した。

上記したさまざまな事項は、前記  $\mu c-Si$  薄膜の成膜について実験により確認された事柄であるが、これらの実験で得られた確認事項については、その他の薄膜（例えば  $a-Si$ 、 $SiN$ 、 $DLC$  等）を成膜する場合も同様の傾向が認められる。

また、上記の説明では、前記直線状導体 31、35 どちらの前記ピッチ  $P$  が約 3.5 mm であるため、前記アンテナ基板間距離  $D$  の最適値は約 3.5 mm、また許容範囲は約 1.7 mm ~ 約 4.7 mm であるが、前記直線状導体 31、35 どちらの前記ピッチ  $P$  がこれ以外の数値の場合は、当然に、前記アンテナ基板間距離  $D$  の最適値は前記数値に依存し、また、許容範囲は前記アンテナ基板間距離  $D$  を中心として  $\pm 50\%$  程度となることはいうまでもない。

以上のように、前記薄膜形成装置 1（アンテナ式の誘導結合型プラズマ CVD 装置）を使用して成膜を行なうと、一度に、1 組のアレイアンテナ 20 につきその両側に 1 枚ずつ、すなわち 2 枚の前記基板 40 の表面に成膜することができる。図示のように前記薄膜形成装置 1 が 3 組の前記アレイアンテナ 20a、20b、20c を備えている場合は、一度に、前記各アレイアンテナ 20 ごとに 2 枚ずつ、全体で 6 枚の前記基板 40 の表面に成膜することができる。

前記各アレイアンテナ 20 は、前記複数のアンテナ素子 30 で構成されるもので、前記アンテナ素子 30 の個数（図示の例では 6 個）は、前記成膜室 10 のディメンジョンが許す限り、原理的にはいくらでも増やすことができる。従って、前記各基板 40 を大型化する

うえで、図 1 における左右方向には原理的制約がないといえる。

一方、図 1 における上下方向に前記各基板 40 を大型化するには、前記各アンテナ素子 30 の前記直線状導体 31、35 を長くしなければならない。前記直線状導体 31 の周囲に設けられた前記誘電体  
5 パイプ 33 は、前記直線状導体 31、35 を長くするために有効である。前記誘電体パイプ 33 が不在の場合、前記高周波は前記直線状導体 31 の前記上端から供給されるために、前記プラズマは下方へ比較的短い距離までしか発生しない。前記誘電体パイプ 33 があることで、前記直線状導体 31、35 を長くすればそれに応じて、前  
10 記プラズマの発生領域は下方へ延長される。

そして、前記誘電体パイプ 33 の厚みを部位によって適切に調整することにより、前記プラズマの密度の分布を均一に保つことができる。また、誘電体パイプ 33 の厚みを変えることは、実質的に前記アンテナ基板間距離 D を調整することと等価であるから、得られ  
15 る薄膜の結晶性や成長速度を制御するために利用することができる。

また、前記プラズマの誘電率と前記アンテナの形状との関係から、インピーダンス整合がとれない場合は、例えば、前記フィードスルー 32 の厚さを変えて誘電率を調整したり、あるいは、前記各アンテナ素子 30 の前記直線状導体 31、35 の端部または前記結合部  
20 材 38 に適宜のインピーダンス素子を装荷することにより、インピーダンス整合をとることが可能である。

上記したように、前記薄膜形成装置 1 は、大型基板に高品質で均一膜厚の a-Si 薄膜を形成できる薄膜形成装置として使用することができる。前記 a-Si 薄膜は太陽電池として好適であって、す  
25 なわち前記薄膜形成装置 1 は、太陽電池の製造装置として好適である。また、前記 a-Si 薄膜は、a-Si が単層であるものに比べて高い変換効率を得るため、a-Si 薄膜と  $\mu$ c-Si 薄膜とを積層したタンデム構造の薄膜を形成できる薄膜形成装置として使用することもできる。



なお、上記の実施の形態では、前記成膜室 10 を 1 つだけ図示して説明したが、これに限定するものでなく、例えば、それぞれ p 型成膜用、i 型成膜用、n 型成膜用などのための複数の成膜室 10 を並べて、前記各成膜室 10 に前記基板搬送体 60 の搬入・搬出を繰り返すことで、例えば電力用太陽電池を効率よく製造することが可能である。

本発明の好適な実施例を記述したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。上記開示内容に基づき、該技術分野の通常の技術を有する者が、実施例の修正ないし変形により本発明を実施することが可能である。

#### 産業上の利用可能性

限られた空間に複数対の電極を設置し、各電極間にそれぞれ均一なプラズマを発生せしめることができるので、一度に多くの基板に均一な膜厚と性状で成膜することができ、効率的な薄膜の生産が可能となる。

### 請求の範囲

1. 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、

- 前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンパー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、

前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、  
前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、

- 10 前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置し、

前記各基板上に成膜を行う、薄膜形成方法。

2. 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、

- 15 前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンパー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、

- 前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、  
20 前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、

前記チャンパー内の圧力を  $6.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下に保持し、  
各基板上に成膜を行う、薄膜形成方法。

3. クレーム 1 に記載の薄膜形成方法において、さらに  
前記チャンパー内の圧力を  $6.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下に保持する。

- 25 4. クレーム 1 から 3 のいずれかに記載の薄膜形成方法において、さらに

前記基板を、前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させる。

5. 原料ガスの導入口および排気口を備えたチャンバーと、

第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を備え、前記第一の直線状導体と前記第二の直線状導体とが交互であって等間隔に並ぶように平面に並べられ、前記各第一の直線状導体の第二の端は高周波電源に接続され、前記各第二の直線状導体の第二の端は接地された、前記チャンバー内に設置されたひとつ以上のアレイアンテナと、

前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置されるべく構成された基板ホルダと、

を備えた薄膜形成装置。

6. クレーム5に記載の薄膜形成装置において、さらに

前記第一の直線状導体の周囲をそれぞれ覆う誘電体を備える。

7. 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、

前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、

20 前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、

前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置し、

前記各基板上に成膜を行う、太陽電池の製造方法。

25 8. 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、

前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形

成し、

前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、  
前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、

前記チャンバー内の圧力を60 Pa以下に保持し、

5 各基板上に成膜を行う、太陽電池の製造方法。

9. クレーム7に記載の太陽電池の製造方法において、さらに  
前記チャンバー内の圧力を60 Pa以下に保持する。

10. クレーム7から9のいずれかに記載の太陽電池の製造方法において、さらに

10 前記基板を、前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させる。

11. 原料ガスの導入口および排気口を備えたチャンバーと、

第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を  
15 互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を備え、前記第一の直線状導体と前記第二の直線状導体とが交互であって等間隔に並ぶように平面に並べられ、前記各第一の直線状導体の第二の端は高周波電源に接続され、前記各第二の直線状導体の第二の端は接地された、前記チャンバー内に設置されたひとつ以上のアレイアンテナと、

20 前記アレイアンテナの両側であって平行に、それぞれ、前記間隔と同程度のピッチで複数の基板を設置されるべく構成された基板ホルダと、

を備えた太陽電池の製造装置。

12. クレーム11に記載の太陽電池の製造装置において、さらに

25 前記第一の直線状導体の周囲をそれぞれ覆う誘電体を備える。

13. 第一の直線状導体と第二の直線状導体のそれぞれ第一の端を互いに電氣的に接続した複数のアンテナ素子を形成し、

前記複数のアンテナ素子を、その第一の直線状導体と第二の直線状導体が交互であって等間隔に並ぶように平面に並べて、チャ

ンバー内に設置することにより、ひとつ以上のアレイアンテナを形成し、

前記各第一の直線状導体の第二の端を高周波電源に接続し、  
前記各第二の直線状導体の第二の端を接地し、

- 5           前記チャンバー内の圧力を60 Pa以下に保持し、  
          基板の表面に成膜された薄膜、を備える太陽電池。

14. クレーム13に記載の太陽電池であって、さらに

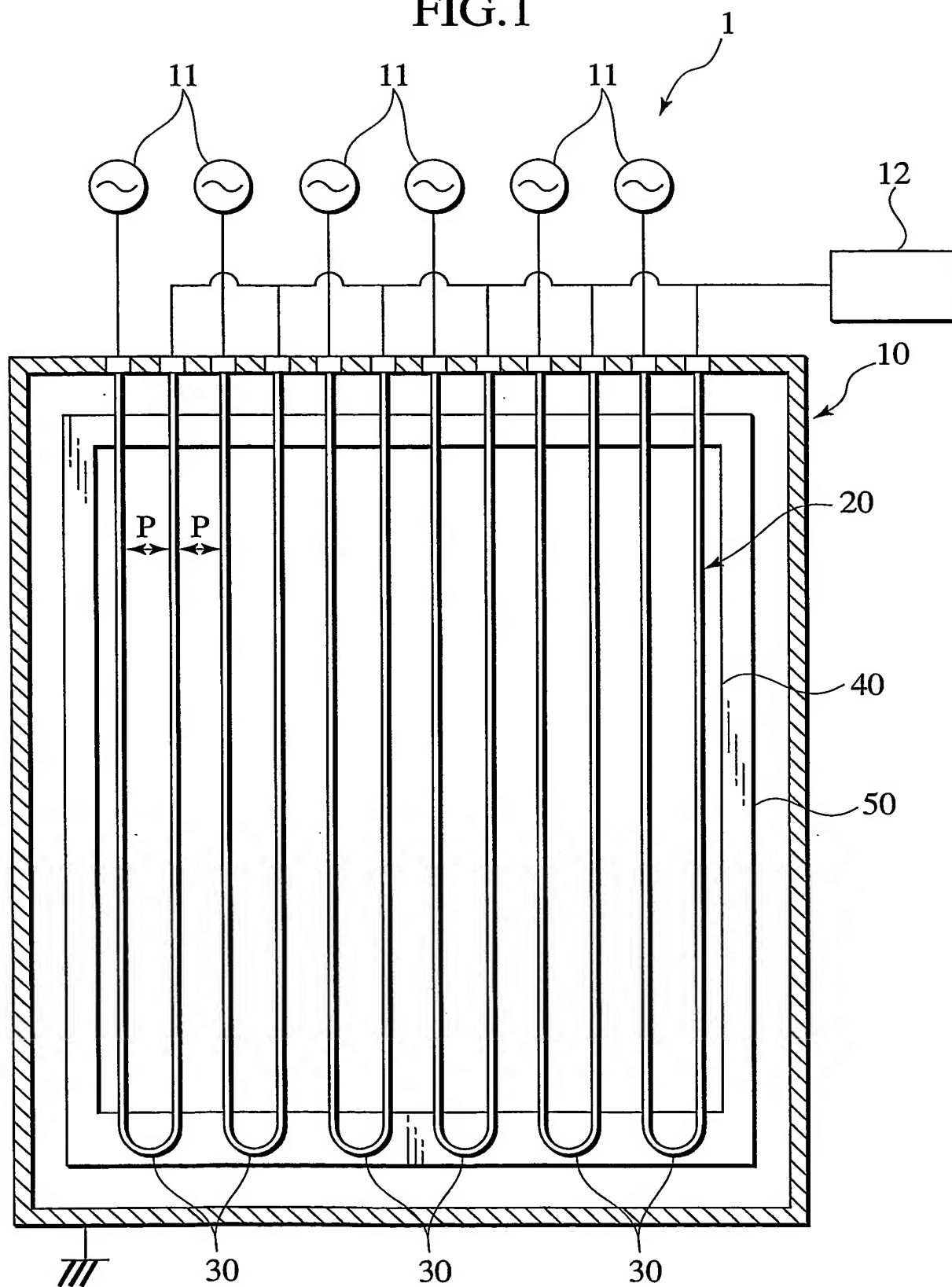
前記薄膜は、前記チャンバー内の圧力を60 Pa以下に保持して成膜される。

- 10   15. クレーム13および14のいずれかに記載の太陽電池であって、さらに

前記薄膜は、前記基板を前記アレイ平面に平行であって前記第一の直線状導体および前記第二の直線状導体と直交する方向に、往復運動させて、成膜される。

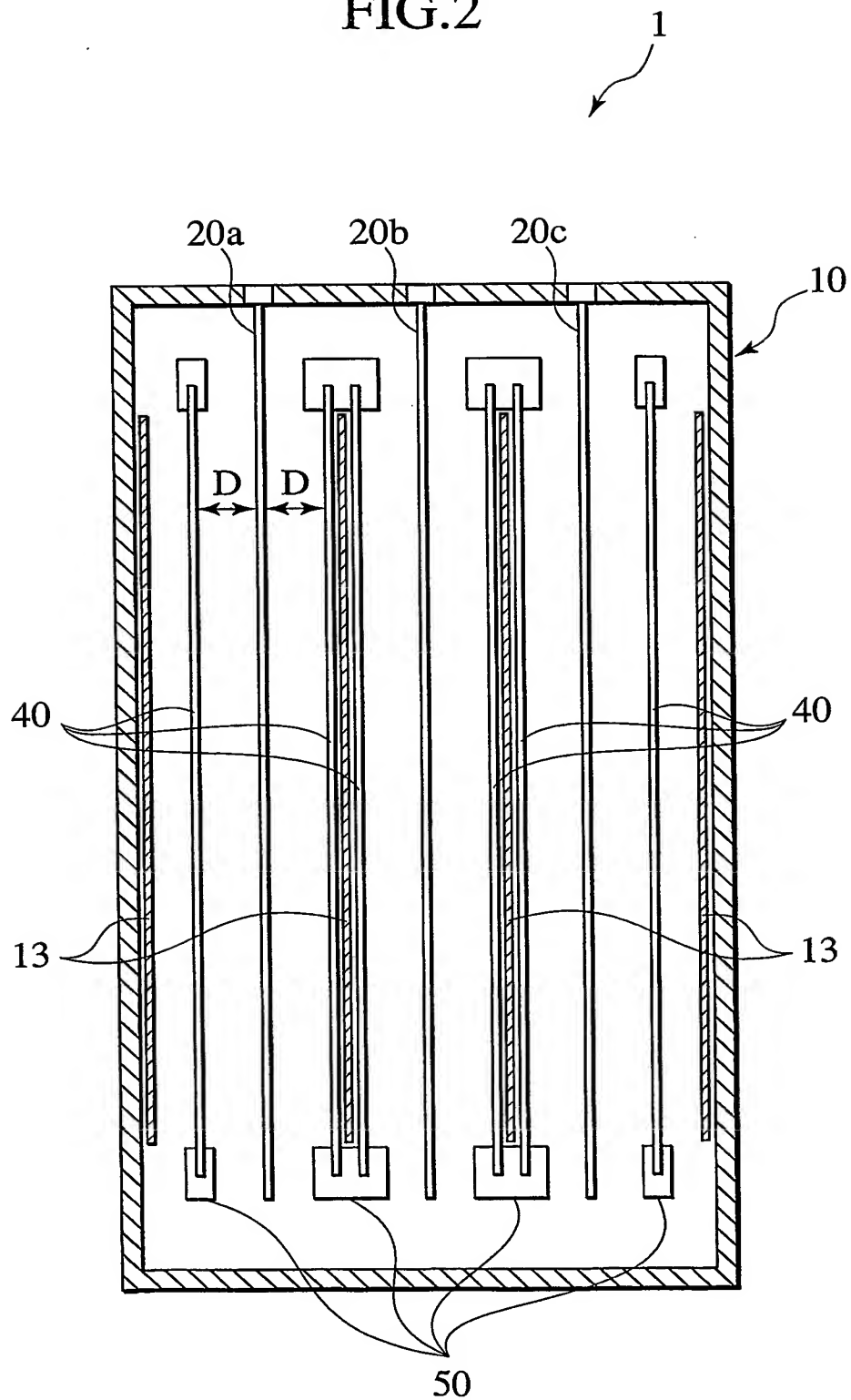
1/5

FIG.1



2/5

FIG.2



3/5

FIG.3

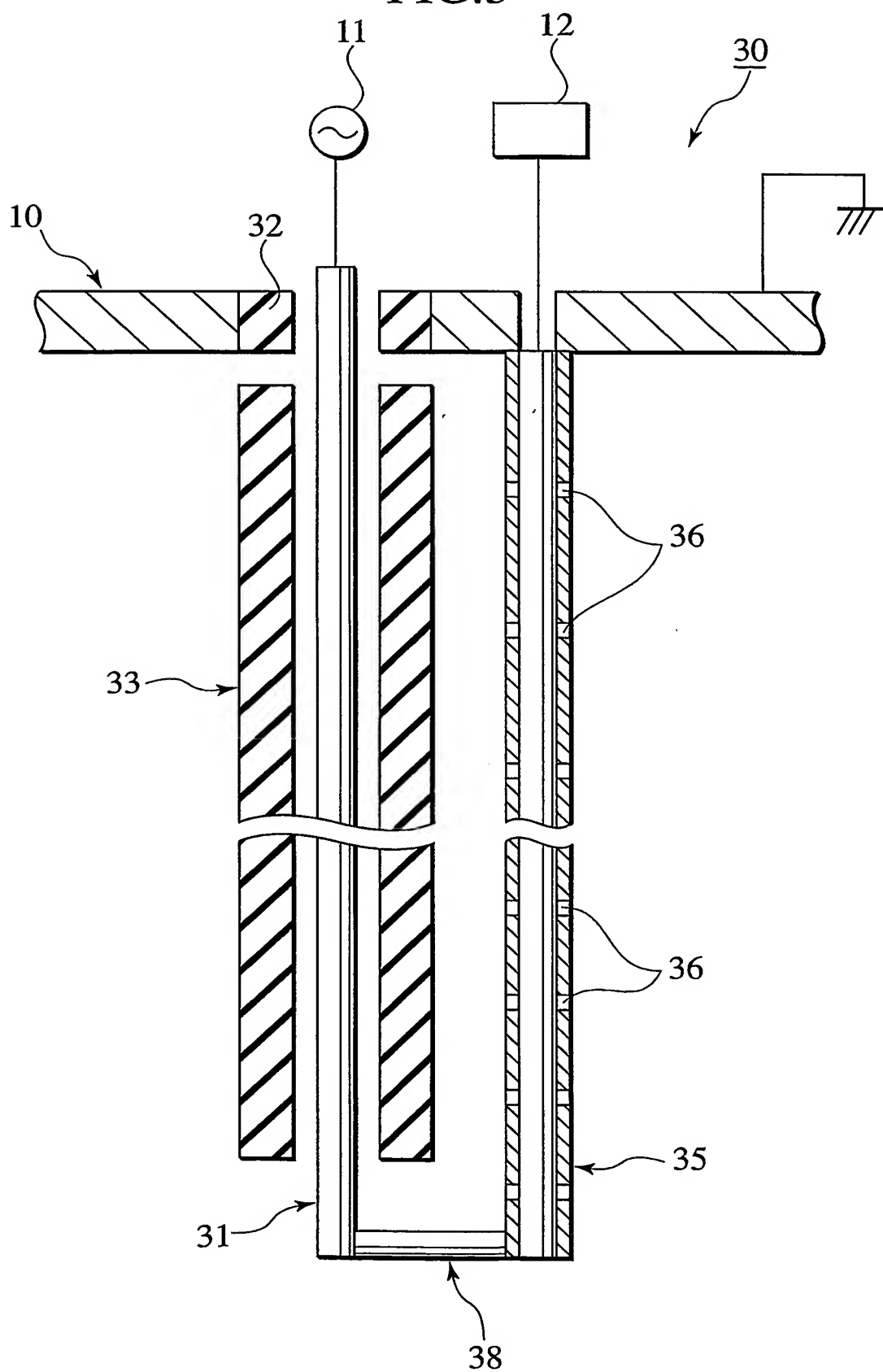




FIG.4A

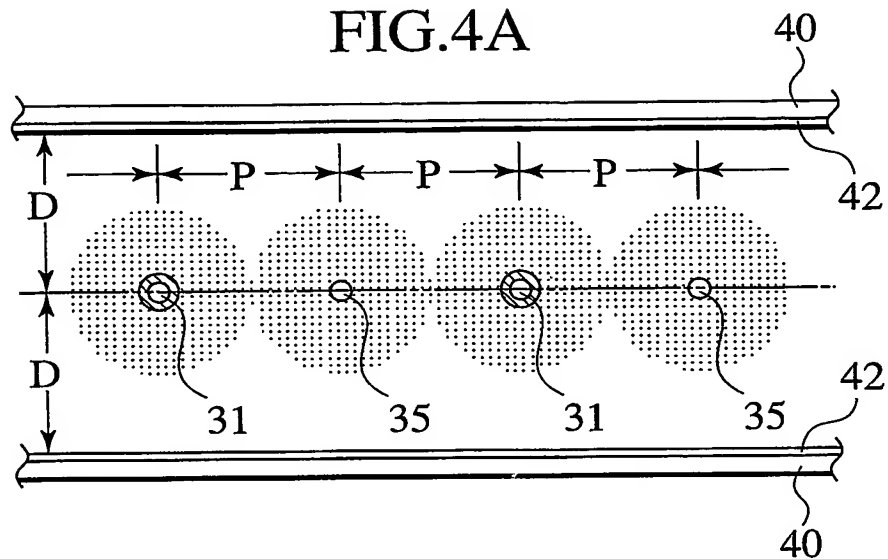


FIG.4B

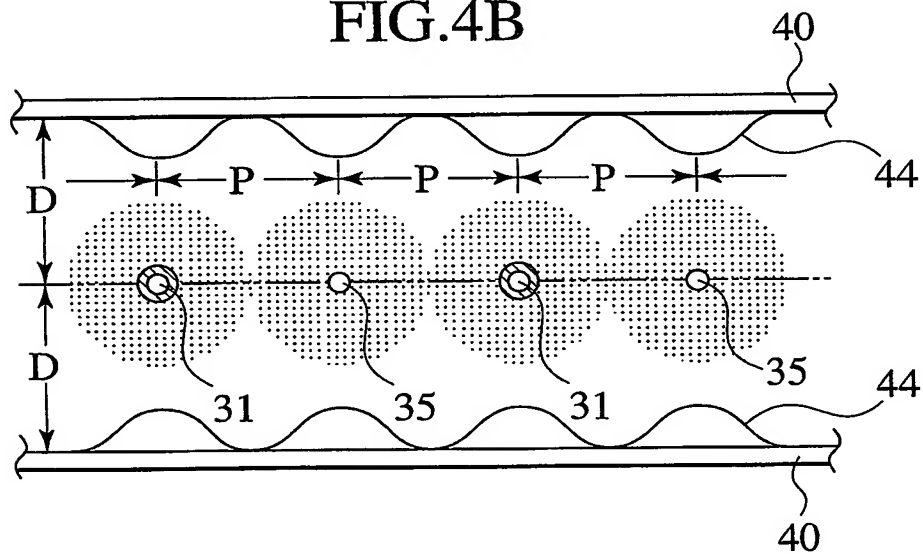


FIG.4C

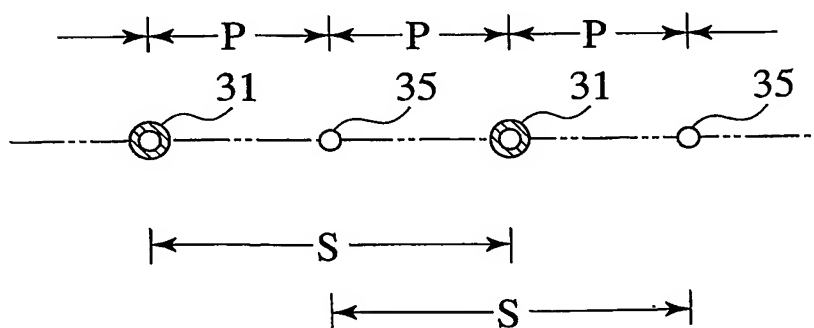


FIG.5A

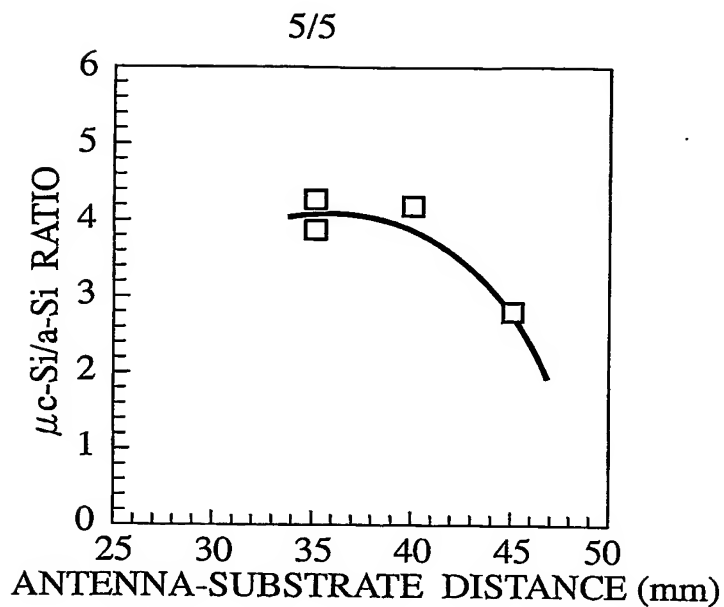


FIG.5B

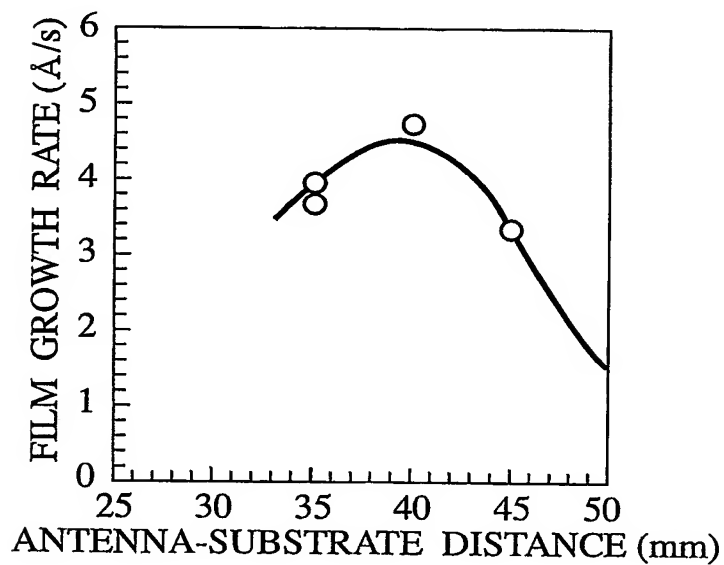
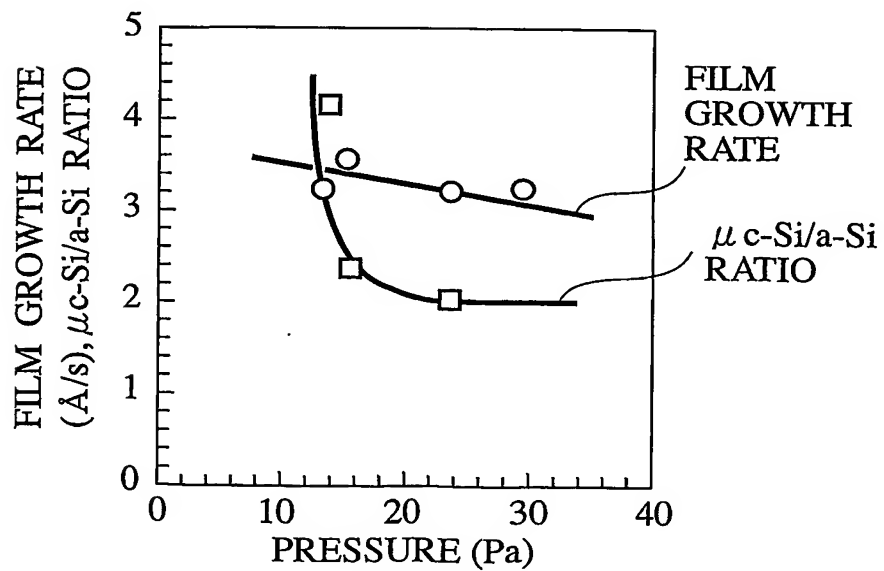


FIG.5C



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12722

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C16/509, H01L21/205, H01L31/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C16/00-16/56, H01L21/205, H01L31/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> Y	WO 01/088221 A1 (ANELVA CORP.), 22 November, 2001 (22.11.01), Claims; technical field, mode 4, example 1; Figs. 5, 6 & EP 1293588 A1	<u>1-3, 5-9,</u> <u>11-15</u> 4, 10
<u>X</u> <u>Y</u>	JP 2002-69653 A (Anelva Corp.), 08 March, 2002 (08.03.02), Par. Nos. [0013] to [0028]; Figs. 1, 5 & EP 1146569 A2 & US 2001/0031542 A1	<u>2, 8, 13-15</u> 4, 10
Y	JP 1-205533 A (Shimadzu Corp.), 17 August, 1989 (17.08.89), Examples (Family: none)	4, 10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
24 December, 2003 (24.12.03)Date of mailing of the international search report  
20 January, 2004 (20.01.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12722

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 02/058121 A1 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.), 25 July, 2002 (25.07.02), Full text & JP 2002-217119 A	1-15
A	WO 01/019144 A1 (ANELVA CORP.), 15 March, 2001 (15.03.01), Full text (Family: none)	1-15
A	JP 2000-345351 A (Anelva Corp.), 12 December, 2000 (12.12.00), Full text (Family: none)	1-15
A	JP 2001-295052 A (Anelva Corp.), 26 October, 2001 (26.10.01), Full text & EP 1146569 A2 & US 2001/0031542 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> C23C16/509, H01L21/205, H01L31/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> C23C16/00-16/56, H01L21/205, H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
日本国実用新案登録公報 1996-2003年  
日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	WO 01/088221 A1 (ANELVA CORPORATION) 2001.11.22 請求の範囲、技術分野、第4の実施形態、実施例1、FIG.5、FIG6、 & EP 1293588 A1	<u>1-3,5-9,11-15</u> 4,10
<u>X</u> Y	JP 2002-69653 A (アネルバ株式会社) 2002.03.08 [0013]-[0028]、図1、図5、 & EP 1146569 A2、& US 2001/0031542 A1	<u>2,8,13-15</u> 4,10
Y	JP 1-205533 A (株式会社島津製作所) 1989.08.17 実施例、(ファミリーなし)	4,10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 12. 03

国際調査報告の発送日

20. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮澤 尚之



4G

9278

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 02/058121 A1 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD) 2002.07.25 全文、& JP 2002-217119 A	1-15
A	WO 01/019144 A1 (ANELVA CORPORATION) 2001.03.15 全文、(ファミリーなし)	1-15
A	JP 2000-345351 A (アネルバ株式会社) 2000.12.12 全文、(ファミリーなし)	1-15
A	JP 2001-295052 A (アネルバ株式会社) 2001.10.26 全文、& EP 1146569 A2、& US 2001/0031542 A1	1-15